

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

SUNG-HOON KIM, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **kalman-viterbi joint channel  
equalizer**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**REQUEST FOR PRIORITY**

Sir:

Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	DATE OF FILING
Korea	10-2002-0020845	17 April 2002

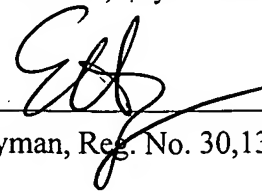
☐ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP

Dated: 14/13/09

12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor  
Los Angeles, CA 90025  
Telephone: (310) 207-3800

  
Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

BEST AVAILABLE COPY



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 10-2002-0020845  
Application Number

REC'D 02 MAY 2003

WIPO PCT

출원 년 월 일 : 2002년 04월 17일  
Date of Application APR 17, 2002

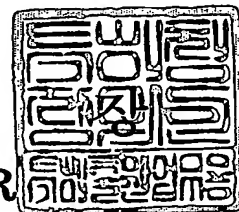
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003 년 04 월 17 일

특 허 청

COMMISSIONER



**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED  
BUT NOT IN COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.04.17
【발명의 명칭】	칼만 비터비 채널 등화기
【발명의 영문명칭】	Kalman-Viterbi Joint Channel Equalizer
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【명칭】	유미특허법인
【대리인코드】	9-2001-100003-6
【지정된변리사】	이원일
【포괄위임등록번호】	2001-038431-4
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김성훈
【성명의 영문표기】	KIM, SUNG HOON
【주민등록번호】	700716-1019222
【우편번호】	302-755
【주소】	대전광역시 서구 갈마동 갈마아파트 203동 304호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	심용훈
【성명의 영문표기】	SIM, YONG HUN
【주민등록번호】	700925-1018136
【우편번호】	122-011
【주소】	서울특별시 은평구 응암1동 36-50 에그린빌라 201호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김승원
【성명의 영문표기】	KIM, SEUNG WON
【주민등록번호】	640609-1268419

【우편 번호】	305-729
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 청구나라아파트 109동 1804호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명 의 국문표기】	안치득
【성명 의 영문표기】	AHN,CHIE TEUK
【주민 등록번호】	560815-1053119
【우편 번호】	305-761
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 208동 603호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명 의 국문표기】	김대진
【성명 의 영문표기】	KIM,DAE JIN
【주민 등록번호】	600505-1538036
【우편 번호】	500-843
【주소】	광주광역시 북구 용봉동 300번지
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 유미특허법인 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	1 면 1,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	5 항 269,000 원
【합계】	299,000 원
【감면 사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	149,500 원
【기술이전】	
【기술양도】	희망
【실시권 허여】	희망
【기술지도】	희망
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 디지털 TV 수신기에 있어서 수신기의 채널 등화기(channel equalizer)에 관한 것이다. 전방필터부와 후방필터부는 우선 외부로부터 입력신호 및 결정된 신호를 받아들여 필터링한다. 비터비 디코더부는 블라인드 모드에서 전송 과정의 에러를 정정한다. 훈련열 저장부는 훈련열을 저장한다. 스위치부는 트레이닝 모드와 블라인드 모드에 따라 비터비 디코더부의 출력과 훈련열을 구분하여 후방필터부에 입력한다. 칼만 이득 계산부는 전방필터부의 입력신호 및 후방 필터부의 입력신호를 받아들여 칼만 이득을 계산한다. 에러신호 계산부는 등화된 신호와 훈련열 및 비터비 디코더부의 출력을 비교하여 에러신호를 계산한다. 탭계수 갱신부는 상기 계산된 에러신호 및 칼만이득을 이용하여 필터의 탭 계수를 갱신한다. 이렇게 본 발명에서는 패스트 칼만(fast Kalman) 알고리즘 및 비터비 알고리즘을 적용하여 수신 성능을 향상시킬 수 있다.

**【대표도】**

도 3

**【색인어】**

칼만, 비터비, 등화기, 전방필터, 후방필터

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

칼만 비터비 채널 등화기 {Kalman-Viterbi Joint Channel Equalizer}

## 【도면의 간단한 설명】

도1은 VSB 신호 수신 시스템의 개략적인 블록 구성도이다.

도 2는 ATSC 표준 등화기 구조이다

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 칼만 비터비 채널 등화기의 구성도이다.

도 4는 비터비 디코딩 알고리즘의 유클리디안 거리를 계산하여 생존경로를 찾는 과정을 보여준다.

## 【발명의 상세한 설명】

## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <5> 본 발명은 실내, 휴대 및 이동 수신기의 다중경로(multipath)환경에서 수신부에서의 성능 개선을 위하여 사용하는 등화 장치 및 그 방법에 관한 것이다.
- <6> 북미 및 국내에서 채택한 디지털 TV 방송방식 표준인 ATSC(Advanced Television Systems Committee)방식에 있어서 전송신호는 가변채널 및 다중경로(multipath) 현상으로 인해 실내 및 이동 채널환경에서 왜곡되게 되고, 이로 인해 수신부에서의 수신 성능이 떨어지게 된다.
- <7> 디지털 통신 시스템에서는 제한된 대역을 사용하여 데이터 전송을 하기 때문에 심볼의 펄스 에너지를 인접하고 있는 심볼 펄스로 분산시키는 시간 분산 효과(time dispersion

effect)로 인해 인접 심볼에 간섭을 주게 된다. 뿐만 아니라 송신된 데이터는 여러 가지 채널 왜곡에 의해 영향을 받는다. 채널 왜곡에는 다중경로 현상, 주파수 오프셋, 위상 지터 등과 같은 것이 있으며, 이러한 것들은 디지털 통신시스템에서 송신 심볼들이 인접한 심볼에 영향을 주는 심볼간 간섭(intersymbol interference; ISI)을 발생시켜 수신기에서 원하는 데이터를 얻는데 커다란 장애요소가 된다. 또한 대부분의 통신 채널은 상기 언급한 왜곡요소들이 가변적이기 때문에 시간에 따라 적응적으로 탭 계수를 갱신하는 적응등화기(adaptive equalizer)가 필요하다.

<8> 도 1은 일반적인 VSB 신호 수신 시스템의 블록 구성도를 도시한 것이다. 튜너(100)는 안테나를 통해 수신된 RF신호를 국부 발진 신호에 동조시켜 IF 신호로 변환시킨다. NTSC제거 필터(200)는 NTSC에 의한 HDTV의 열화를 방지하기 위하여 NTSC성분을 제거하고 등화기(300)는 전송채널을 통과하면서 발생한 멀티패스 왜곡을 제거한다. 위상추적기(400), 트렐리스 디코더(500)는 등화된 신호의 위상잡음을 제거하며, 위상추적기의 출력을 트렐리스 복호화하여 출력한다. 데이터 디인터리버(600)는 인터리빙된 데이터를 역인터리브 시킨다. RS 디코더(700)는 오류를 정정한 바이트 스트림을 발생시킬 수 있도록 리드 솔로몬 디코딩을 수행한다. 역난수화기는 수신시스템의 나머지 부분에 재생된 데이터를 공급한다.

<9> ATSC VSB 방식에서의 등화기는 제 2도에서 보는 것처럼 구성되어 있다. 이 등화기는 LMS 알고리즘을 이용하는 것을 기본으로 한다. 도 2에서 전방필터부(301)와 후방필터부(302)는 수신된 신호에서 왜곡을 발생시키는 심볼간의 간섭성분

을 제거하며, 블라인드 모드의 경우에 양자화부(303)는 필터에서 나오는 신호를 사전에 정해진 임계치와 비교하여 경판정(hard-decision)된 데이터를 산출한다. 훈련열 저장부(304)는 송신기에서 알고 있는 훈련 데이터열을 저장한다. 그 훈련열은 트레이닝 모드시에 읽혀 들여져 후방필터부 및 에러 신호 계산부(306)로 출력되어 등화된 신호와의 에러를 계산하는데 사용한다. 또한 블라인드 모드시에는 양자화부(303)의 출력 및 등화된 신호가 보내져서 에러를 계산하는데 사용한다. 스위치부(305)는 각 모드에 따라 양자화된 신호와 훈련열을 구분하여 보내준다. 계산된 에러는 탭 계수 갱신부(307)로 출력된다.

<10> 탭 계수 갱신부는 에러신호 및 필터부의 입력신호를 받아들여 LMS 알고리즘을 사용하여 계수를 갱신하는데 그 방법은 [수학식 1]과 같다.

<11> **【수학식 1】**  $C(n+1)=C(n)+\mu x(n)e(n)$

<12> 여기서  $C(n)$ 은 필터의 계수,  $x(n)$ 은 수신신호,  $e(n)$ 은 에러신호 계산부에서 계산된 에러신호, 는 스텝 크기(step size) 이다.

<13> 이러한 채널 등화 장치로서, 디지털 TV 수신기에서는 결정 궤환 등화기 (decision feedback equalizer; DFE)가 많이 쓰이고 있다. 결정 궤환 등화기는 양자화기에서 판정에러가 없다면, 후방필터는 이전에 판정된 심볼에 의한 ISI를 제거해 주면서도, 일반 선형 등화기에서 나타나는 등화기 출력에서의 잡음 증폭과 같은 문제가 나타나지 않기 때문에 수신기에서 많이 사용된다. 따라서 결정 궤환 구조 등화기의 적절한 사용을 위해서는 양자화기의 출력에서 판정에러가 나지 않도록 하는



것이 중요하다. 이를 위해 디지털 통신 시스템에서는 데이터 효율이 줄어드는 것을 감수하면서 훈련열을 일정 주기로 삽입하여 판정에러를 줄일 수 있도록 하는 방법을 사용하고 있다. 그러나, 대개의 경우 훈련열이 짧게 주어진다. 기존의 결정 궤환 등화기는 방송채널과 같이 긴 고스트(ghost)가 있고, 특히 실내 및 이동수신 같이 왜곡이 심한 환경에서는 채널간의 간섭으로 인해 나타나는 수신신호 왜곡을 보상할 만큼 빠른 수렴속도를 가지고 있지 못하다. 따라서 왜곡이 심한 환경하에서도 빠른 수렴속도를 가지고, 훈련열이 없는 데이터 구간에서도 왜곡에 강한 새로운 등화기가 필요하다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<14> 본 발명에서는 위의 문제점을 해결하기 위해서 LMS 알고리즘을 사용한 등화기 대신에 고속 칼만 비터비 조인트 채널 등화기(Fast Kalman-Viterbi joint channel equalizer)를 제공한다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<15> 이러한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 등화기는

<16> 채널 등화를 위하여 일정 기간동안 미리 알고 있는 훈련열을 전송받는 트레이닝 모드 및 상기 트레이닝 모드가 끝난후 송신측 신호열의 확률 분포와 수신된 임의의 데이터 신호로 채널 등화를 수행하는 블라인드 모드로 동작하는 채널 등화기로서,

<17> 외부로부터 들어오는 심볼들을 필터링하여 외부 신호들간의 간섭신호를 없애는 역할을 수행하는 전방 필터부;

<18> 이전에 검출된 심볼들에 의해서 검출하려고 하는 현재의 심벌상에 유발된 간섭신호를 제거하기 위해서 이전에 검출된 값을 사용하여 필터링하는 후방필터부;

- <19>     . 상기 블라인드 모드에서 전송 과정의 에러를 정정하는 비터비 디코더부;
- <20>     훈련열을 저장하는 훈련열 저장부;
- <21>     상기 트레이닝 모드에는 상기 훈련열 저장부의 훈련열을 상기 후방필터부에 입력하  
고, 상기 블라인드 모드에는 상기 비터비 디코더부의 출력을 상기 후방필터부에 입력하  
는 스위치부;
- <22>     상기 전방필터부의 입력신호 및 후방 필터부의 입력신호를 받아들여 칼만 이득을  
계산하는 칼만 이득 계산부;
- <23>     등화된 신호, 상기 후방 필터부의 입력신호 및 상기 비터비 디코더부의 출력을 비  
교하여 에러신호를 계산하는 에러신호 계산부; 및
- <24>     상기 에러 신호 계산부에서 계산된 에러신호 및 상기 후방 필터부의 입력신호를 이  
용하여 상기 전방 필터 및 후방 필터의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수 갱신부를 포함한다.
- <25>     본 발명에서는 기존의 LMS 등화기의 느린 수렴속도 문제를 해결하기 위하여 고속  
적응 등화 알고리즘인 fast Kalman 알고리즘을 적용하고 블라인드 구간에서 궤환 결정 에  
러를 최소화 하기 위하여 필터의 출력신호를 양자화부에서 경판정하는 대신 비터비 디코  
딩 알고리즘을 사용하여 연판정한다. 각 알고리즘의 구체적인 예는 D.N. Godard에 의한  
Channel Equalization Using a Kalman Filter for Fast Data Transmission 란 명칭의  
IBM J. Re. Dev., vol 18, pp. 267-273, May. 의 1980년에 발표된 논문에서 Kalman 등화  
기에 의 한 알고리즘을 소개하였으며, fast Kalman 알고리즘은 1978년에 발표된 D.D.  
Falconer등에 의한 Application of Fast Kalman Estimation to adaptive Equalization,  
IEEE Trans. Comm., vol. COM-26, pp.1439-1446, October. 및 G. Carayannis등에 의해

발표된 A Fast Sequential Algorithm for Least-Squares Filtering and Prediction, IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-31, pp1394-1402 등에서 소개되어 있다. 또한 비터비 알고리즘은 A.J. Viterbi에 의해 1967년 Error Bounds for Convolutional Codes and an Asymptotically Optimum Decoding Algorithm, IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-13, pp.260-269, April. 에서 소개되었다.

<26> 본 발명의 등화기는 2가지 모드에 대하여 작동한다. 2가지 모드는 트레이닝 모드(training mode)와 블라인드 모드(blind mode)이다. 트레이닝 모드에서는 채널 등화를 하기 위하여 송신측에서 일정 기간 동안 수신기가 미리 알고 있는 훈련열(training symbol)을 전송한다. 수신부의 등화기는 채널을 거치면서 왜곡된 신호의 파형과 이미 알고 있는 훈련열을 비교하여 채널의 특성을 파악한다. 반면에 블라인드 모드는 트레이닝 모드가 끝난 후 훈련열이 없을 때 송신측 신호열의 확률 분포와 수신된 임의의 데이터 신호만으로 등화기능을 수행한다. 따라서 블라인드 모드 때는 트레이닝 모드 때에 비해 심볼간의 간섭으로 인한 왜곡을 잡아내기가 쉽지 않다.

<27> 또한, 본 발명의 다른 특징은 기존의 방식이 LMS 알고리즘을 사용하여 필터의 계수를 갱신하는데 비해 본 발명에서는 fast Kalman 알고리즘을 사용하여 계수를 갱신하는 것을 특징으로 하며, 블라인드 모드의 경우 양자화부 대신에 비터비 디코더를 사용하여 전송에러를 제거한다.

<28> 이하 첨부된 도면을 참조하여 fast Kalman 알고리즘을 Falconer의 논문을 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

<29> 신호 및 필터 계수, 기타 변수를 정의하면 다음과 같다.

<30>  $x_N(n)$ : 전방 및 후방 필터부 입력신호 벡터

<31>  $y(n)$ : 전방필터 입력신호 샘플

<32>  $d(n)$ : 얻고자 하는 신호

<33>  $x_N(n) = [y(n-1), \dots, y(n-N_1) | d(n) \dots d(n-N_2)]^T$

$$\xi_p(n) = [y(n) \ d(n)]^T$$

$$\rho_p(n) = [y(n-N_1) \ d(n-N_2)]^T$$

<34>  $\varepsilon_p(n)$ : 포워드 선행 에러

<35>  $\varepsilon_p(n)'$ : 포워드 후행 에러

<36>  $A_{np}(n)$ : 포워드 예측 계수 행렬

<37>  $E_{pp}(n)$ : 포워드 합 에러

<38>  $\eta_p(n)$ : 백워드 예측 에러

<39>  $k_N(n)$ : Kalman 이득

<40>  $D_{np}(n)$ : 백워드 예측 계수 행렬

<41>  $C_N(n)$ : 전체 필터부의 탭 계수

<42> 계산에 있어서 먼저 [수학식 2] 같이 선행 에러를 구한다.

$$\varepsilon_p(n) = \xi_p(n) + A_{np}(n-1)^T x_N(n)$$

$$A_{np}(n) = A_{np}(n-1) - k_N(n) \varepsilon_p(n)^T$$

$$\varepsilon_p(n)' = \xi_p(n) + A_{np}(n)^T x_N(n)$$

$$\text{【수학식 2】} \quad E_{pp}(n) = \lambda E_{pp}(n-1) + \varepsilon_p(n)' \varepsilon_p(n)^T$$

<44> [수학식 2]처럼 선행 에러 및 포워드 합 에러를 구한 후 이를 이용하여 [수학식 3]에서

와 같은 과정을 통하여 Kalman 이득을 구한다.

&lt;45&gt;

$$\bar{k}_M(n) = S_{MM} \begin{bmatrix} E_{pp}(n)^{-1} \varepsilon_p(n)' \\ \hline k_N(n) + A_{Np}(n) E_{pp}(n)^{-1} \varepsilon_p(n)' \end{bmatrix}$$

$$Q_{MM} \bar{k}_M(n) = \begin{pmatrix} m_N(n) \\ \mu_p(n) \end{pmatrix}$$

$$\eta_p(n) = \rho_p(n) + D_{Np}(n-1)^T x_N(n+1)$$

$$D_{Np}(n) = [D_{Np}(n-1) - m_N(n) \eta_p(n)^T] [I_{pp} - \mu_p(n) \eta_p(n)^T]^{-1}$$

【수학식 3】  $k_N(n+1) = m_N(n) - D_{Np}(n) \mu_p(n)$

<46> 여기서  $S_{MM}$  과  $Q_{MM}$  의 작용은 다음과 같다.

&lt;47&gt;

$$x_N(n) = \begin{bmatrix} y(n-1) \\ y(n-2) \\ \vdots \\ y(n-N_1) \\ \hline d(n-1) \\ d(n-2) \\ \vdots \\ d(n-N_2) \end{bmatrix} \text{이고,}$$

$$\bar{x}_M(n) = \begin{bmatrix} y(n) \\ \hline y(n-1) \\ \vdots \\ y(n-N_1) \\ \hline d(n) \\ \hline d(n-1) \\ \vdots \\ d(n-N_2) \end{bmatrix}$$

&lt;48&gt; 의 경우

&lt;49&gt;

$$S_{MM} \bar{x}_M(n) = \begin{bmatrix} \xi_p(n) \\ \hline x_N(n) \end{bmatrix} \text{이고,}$$

$$Q_{MM} \bar{x}_M(n) = \begin{bmatrix} x_N(n+1) \\ \hline \rho_p(n) \end{bmatrix} \text{이다.}$$

&lt;50&gt;

또 비터비 디코더(Viterbi decoder)는 통신 시스템에서 코드화된 정보인 비트열을 해독하는데 사용되는 최대 개연성 디코더(maximum likelihood decoder)이다. 즉 비터비 디코더는 채널을 통과한 관찰값인 상태 메트릭을 토대로 외부에서 제공된 실제 전송값을 추정하고자 할 때, 실제 전송값과 관찰값에 대해 유사 확률이 최대가 되는 최대 개연성 상태 메트릭 값을 실제 전송값에 대해 추정값으로 정하는 복호기이다. 이러한 비터비 디

코더는 생존경로를 패스 메모리(path memory)에 저장한 후 상태 메트릭에 근거하여 패스 메모리를 트레이스 백(trace back)하면서 심볼을 코딩한다. 즉 디코딩할 심볼이 연속으로 입력될 경우, 초기 상태에서 생존경로가 모두 입력되면, 다시 패스 메모리를 트레이스 백 크기만큼 트레이스 백하여 다음 심볼을 디코딩한다.

- <51> 본 발명에서는 상기와 같은 fast kalman 알고리즘 및 비터비 디코더를 결합하여 수렴속도의 향상 및 잔류에러를 줄이도록 한다. 이러한 적용 방법의 실시 예로서 본 발명에서는 미국형 지상파 디지털 TV 표준인 8-VSB 시스템에서 등화성능을 향상시키기 위한 방법을 제시한다.
- <52> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 지닌자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 실시예에 대하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- <53> 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 칼만-비터비 결합 등화기 장치는 전방필터부(311), 후방필터부(312), 비터비 디코더부(313), 훈련열 저장부(314), 스위치부(315), 칼만 이득 계산부(316), 에러신호 계산부(317), 탭 계수 갱신부(318)를 포함하고, 채널 등화를 위하여 일정 기간동안 미리 알고 있는 훈련열을 전송받는 트레이닝 모드 및 상기 트레이닝 모드가 끝난후 송신측 신호열의 확률 분포와 수신된 임의의 데이터 신호로 채널 등화를 수행하는 블라인드 모드로 동작한다. 전방필터부(311)는 외부로부터 들어오는 심볼들을 필터링하여 외부 신호들간의 간섭신호를 없애는 역할을 수행한다. 후방필터부(312)는 이전에 검출된 심볼들에 의해서 검출하려고 하는 현재의 심벌상에 유발된 간섭신호를 제거하기 위해서 이전에 검출된 값을 사용하여 필터링한다. 비터비 디코더부(313)는 상기 블라인드 모드에서 전송 과정의 에러를 정정한다. 훈련열 저장부(314)는

훈련열을 저장한다. 스위치부(31)는 상기 트레이닝 모드에는 상기 훈련열 저장부의 훈련열을 상기 후방필터부(312)에 입력하고, 상기 블라인드 모드에는 상기 비터비 디코더부의 출력을 상기 후방필터부(312)에 입력한다. 칼만 이득 계산부(316)는 상기 전방필터부(311)의 입력신호 및 후방 필터부(312)의 입력신호를 받아들여 칼만 이득을 계산한다. 에러신호 계산부(317)는 등화된 신호, 상기 후방 필터부의 입력신호 및 상기 비터비 디코더부의 출력을 비교하여 에러신호를 계산한다. 탭 계수 갱신부(318)는 상기 에러신호 계산부에서 계산된 에러신호 및 상기 후방 필터부의 입력신호를 이용하여 상기 전방 필터 및 후방 필터의 탭 계수를 갱신한다.

<54> 필터부의 출력신호는 아래의 [수학식 4]와 같다.

<55> [수학식 4]

$$<56> \quad y[n] = \sum_{i=0}^{N_b-1} b_i[n]x[n-i] + \sum_{j=1}^{N_a} a_j[n]\hat{d}[n-j]$$

<57> 여기서  $x[n]$ 은 시간  $n$ 에서의 필터부 입력신호,  $y[n]$ 은 시간  $n$ 에서의 필터부 출력신호,  $b_i[n]$ 은 시간  $n$ 에서의 전방 필터부의 탭 계수,  $a_j[n]$ 은 시간  $n$ 에서의 후방 필터부의 탭 계수,  $N_b$ 는 전방 필터부의 탭 수,  $N_a$ 는 후방 필터부의 탭 수,

$\hat{d}[n]$ 는 트레이닝 모드일 때는 훈련열, 블라인드 모드 때는 비터비 디코더의 출력신호이다. 위의 식에서 알 수 있듯이 전방 필터부는 10.76MHz의 속도로 샘플링된 디지털 입력 데이터  $x[n]$ 을 순차적으로 지연시켜서  $b_i[n]$ 에 순차적으로 곱하여 이 값을 합산하여 등화된 데이터를 출력한다. 다음 후방 필터부(312)는 전방 필터부(311)에 있어서 입력이 훈련열 또는 비터비 디코더(313)의 출력신호인 점을 제외하면 전방 필터부의 동작과 같다. 이러한 동작을 반복적으로 수행하면서, 탭 계수 갱신부를 통하여 들어온 정보를 바탕으로 탭 계수를 최적 값으로 조정함으로써 입력신호를 필터링하여 원하는 출력 데이터를 얻을 수 있다. 이 때, 전방필터부(311)는 외부로부터 들어오는 심볼들을 필터링하여 외부 신호들간의 간섭신호를 없애는 역할을 수행하고, 후방필터부(312)는 이전에 검출된 심볼들에 의해서 검출하려고 하는 현재의 심벌상에 유발된 간섭신호를 제거하기 위해서 이전에 검출된 값을 사용하여 필터링한다.

<58> 스위치부(315)는 트레이닝 모드일때와 블라인드 모드를 결정하여 트레이닝 모드일 때는 훈련열을 내보내고, 블라인드 모드 일때는 비터비 디코더부(313)의 출력을 후방필터부(312) 및 칼만이득 계산부(316)로 내보낸다. 훈련열 저장부(314)는 트레이닝 모드일 때 훈련열을 후방필터의 입력 및 칼만 이득 계산부(316)로 보낸다. 비터비 디코더부(313)는 트레이닝 모드가 끝난 후 블라인드 모드에서 작동한다. 비터비 디코더부(313)는 필터부의 출력을 받아들여 연판정(soft-decision)하여 전송신호의 에러를 정정한 후 후방필터부(312)의 입력 및 칼만 이득 계산부(316)로 보낸다. 이 때 사용된 비터비 디코더부(313)는 유클리디안 거리 중 최단거리를 선택하는 방법을 사용하여 디코딩한다. 도 4는 비터비 디코딩 알고리즘의 예를 보여준다. fast Kalman 알고리즘은 수학식 3에서 보



여주듯이 새로 입력되는 데이터의 개수와 빠져나가는 데이터의 개수가 많으면 많을수록 계산량이 늘어난다. 따라서 비터비 디코딩부에서 트레이스 백(trace back) 길이를 최소로 하는 것이 계산량을 줄일 수 있는 방법이다. fast Kalman 알고리즘을 DFE방식의 등화기에 적용하는 경우 곱셈 계산량은 [수학식 5]와 같다.

<59> [수학식 5]

<60> 계산량:  $7Np + Np^2 + 3p^2 + 2N + (4/3)p^3 - p/3$   
 $p = 2 * (1 + trace\_back\_len * 12)$

<61> N : 등화기 탭의 개수

<62> p : fast Kalman 알고리즘에서 입력되는 새로운 데이터의 개수

<63> trace\_back\_len : 비터비 디코딩에서 트레이스 백 길이

<64> 따라서 Trellis back length가 적을수록 fast Kalman 알고리즘의 곱셈 계산량이

줄어든다. 그래서 트레이스 백 길이를 1-2로 하든지 아니면 0으로 하여 fast Kalman 알고리즘의 곱셈 계산량을 줄인다. 트레이스 백 길이가 2인 경우는 매 심볼마다 비터비 디코딩 알고리즘을 적용하지 않고, 2개씩 건너뛰면서 적용하고, 트레이스 백 길이가 1인 경우는 1개씩 건너뛰면서 적용한다. 이를 적용한 결과 기존의 Kalman-Viterbi 등화기법인 PSP(per-survivor processing) 알고리즘에 비해

<65> 하드웨어 복잡도가 1/state 개수 만큼 줄었으며, PSP 알고리즘이 pre-echo를 제거하지 못하는 문제점을 해결하였다.

<66> 에러신호 계산부(317)는 등화된 신호 및 훈련열 또는 비터비 디코더부(313)의 출력을 받아들이며 [수학식 6]과 같은 과정을 통하여 에러신호를 계산한다.

<67> 【수학식 6】  $e(n+1) = d(n+1) - C_n(n)^T x_n(n+1)$

<68> 칼만이득 계산부는 전방 필터부의 입력신호 및 후방 필터부의 입력신호를 받아들여 [수학식 2], [수학식 3]과 같은 과정을 통하여 칼만이득을 구하여 이 정보를 탭 계수 갱신부로 보낸다. 탭 계수 갱신부(318)는 상기에서 결정된 에러신호 및 칼만이득을 이용하여 탭 계수 갱신을 수행한 후, 이를 전방필터부(311) 및 후방필터부(312)에 입력한다. 탭 계수 갱신 식은 [수학식 7] 과 같다.

<69> 【수학식 7】  $C_x(n+1) = C_x(n) + k_x(n+1)e(n+1)$

<70> 탭 계수 갱신부는 위와 같은 과정을 거쳐 결정된 계수를 각각의 필터부에 입력한다.

<71> 이후 상기와 같은 과정을 거쳐 시간 인덱스  $n$ 에서의 채널 등화가 끝나면, 시간 인덱스  $n$ 을 1 증가시킨다. 이후 상기와 같은 단계를 반복 수행하면서 채널의 등화를 수행한다. 도면과 발명의 상세한 설명은 단지 본 발명의 예시적인 것으로서, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들면 이러한 구조에 전통적인 Kalman 및 RLS 알고리즘을 사용하거나 fast RLS(Recursive Least Squares)등의 알고리즘을 사용할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

#### 【발명의 효과】

<72> 본 발명에서는  $N(N: 2^n \text{ 형태}, n: \text{양의 정수})$ 레벨 VSB 디지털 지상파 TV의 동적 다중경로 환경에 대한 수신 성능 개선을 위하여 고속 칼만 비터비 조인트 채널 등화기(Fast

020020020845

출력 일자: 2003/4/24

Kalman-Viterbi joint channel equalizer)를 발명하고 사용함으로써 수신기의 성능을 개선하였다.

## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

채널 등화를 위하여 일정 기간동안 미리 알고 있는 훈련열을 전송받는 트레이닝 모드 및 상기 트레이닝 모드가 끝난후 송신측 신호열의 확률 분포와 수신된 임의의 데이터 신호로 채널 등화를 수행하는 블라인드 모드로 동작하는 채널 등화기로서,

외부로부터 들어오는 심볼들을 필터링하여 외부 신호들간의 간섭신호를 없애는 역할을 수행하는 전방 필터부;

이전에 검출된 심볼들에 의해서 검출하려고 하는 현재의 심벌상에 유발된 간섭신호를 제거하기 위해서 이전에 검출된 값을 사용하여 필터링하는 후방필터부;

상기 블라인드 모드에서 전송 과정의 에러를 정정하는 비터비 디코더부;

훈련열을 저장하는 훈련열 저장부;

상기 트레이닝 모드에는 상기 훈련열 저장부의 훈련열을 상기 후방필터부에 입력하고, 상기 블라인드 모드에는 상기 비터비 디코더부의 출력을 상기 후방필터부에 입력하는 스위치부;

상기 전방필터부의 입력신호 및 후방 필터부의 입력신호를 받아들여 칼만 이득을 계산하는 칼만 이득 계산부;

등화된 신호, 상기 후방 필터부의 입력신호 및 상기 비터비 디코더부의 출력을 비교하여 에러신호를 계산하는 에러신호 계산부; 및

상기 에러 신호 계산부에서 계산된 에러신호 및 상기 후방 필터부의 입력신호를 이용하여 상기 전방 필터 및 후방 필터의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수 갱신부를 포함하는 칼만-비터비 채널 등화기.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기한 칼만 이득 계산부는 상기 트레이닝 모드에서 패스트 칼만(fast Kalman) 알고리즘을 적용하여 탭 계수를 갱신하는 것을 특징으로 하는 칼만 비터비 채널 등화기.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기한 비터비 디코더는 상기 블라인드 모드에서 비터비 디코딩 알고리즘을 fast Kalman 알고리즘과 결합시킨 fast Kalman-Viterbi 알고리즘을 적용하는 것을 특징으로 하는 칼만 비터비 채널 등화기.

【청구항 4】

제1항 내지 제3항중 어느 한 항에 있어서,

상기 비터비 디코더의 출력을 연속적으로 하거나 또는 일정간격의 심볼씩 건너뛰어, 계수 업데이트를 위한 에러값을 얻는데 사용하는 것을 특징으로 하는 칼만 비터비 채널 등화기.

【청구항 5】

안테나를 통해 수신된 RF신호를 국부 발진 신호에 동조시켜 IF 신호로 변환하는 튜너;

NTSC에 의한 HDTV의 열화를 방지하기 위하여 NTSC성분을 제거하는 NTSC제거 필터;  
 전송채널을 통과하면서 발생한 멀티패스 왜곡을 제거하는 등화기;  
 등화된 신호의 위상잡음을 제거하는 위상추적기;  
 상기 위상추적기의 출력을 트렐리스 복호화하여 출력하는 트렐리스 디코더;  
 인터리빙된 데이터를 역 인터리브 시키는 데이터 디인터리버;  
 오류를 정정한 바이트 스트림을 발생시킬 수 있도록 리드 솔로몬 디코딩을 수행하는 RS 디코더;

수신시스템의 나머지 부분에 재생된 데이터를 공급하는 역난수화기를 포함하며,  
 상기 등화기는 채널 등화를 위하여 일정 기간동안 미리 알고 있는 훈련열을 전송받는 트레이닝 모드 및 상기 트레이닝 모드가 끝난후 송신측 신호열의 확률 분포와 수신된 임의의 데이터 신호로 채널 등화를 수행하는 블라인드 모드로 동작하며,  
 외부로부터 들어오는 심볼들을 필터링하여 외부 신호들간의 간섭신호를 없애는 역할을 수행하는 전방 필터부;

이전에 검출된 심볼들에 의해서 검출하려고 하는 현재의 심벌상에 유발된 간섭신호를 제거하기 위해서 이전에 검출된 값을 사용하여 필터링하는 후방필터부;  
 상기 블라인드 모드에서 전송 과정의 에러를 정정하는 비터비 디코더부;  
 훈련열을 저장하는 훈련열 저장부;

상기 트레이닝 모드에는 상기 훈련열 저장부의 훈련열을 상기 후방필터부에 입력하고, 상기 블라인드 모드에는 상기 비터비 디코더부의 출력을 상기 후방필터부에 입력하는 스위치부;

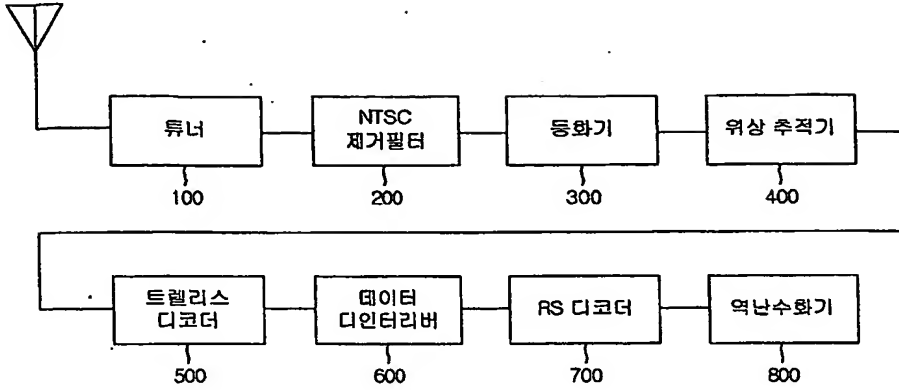
상기 전방필터부의 입력신호 및 후방 필터부의 입력신호를 받아들여 칼만 이득을 계산하는 칼만 이득 계산부;

등화된 신호, 상기 후방 필터부의 입력신호 및 상기 비터비 디코더부의 출력을 비교하여 에러신호를 계산하는 에러신호 계산부; 및

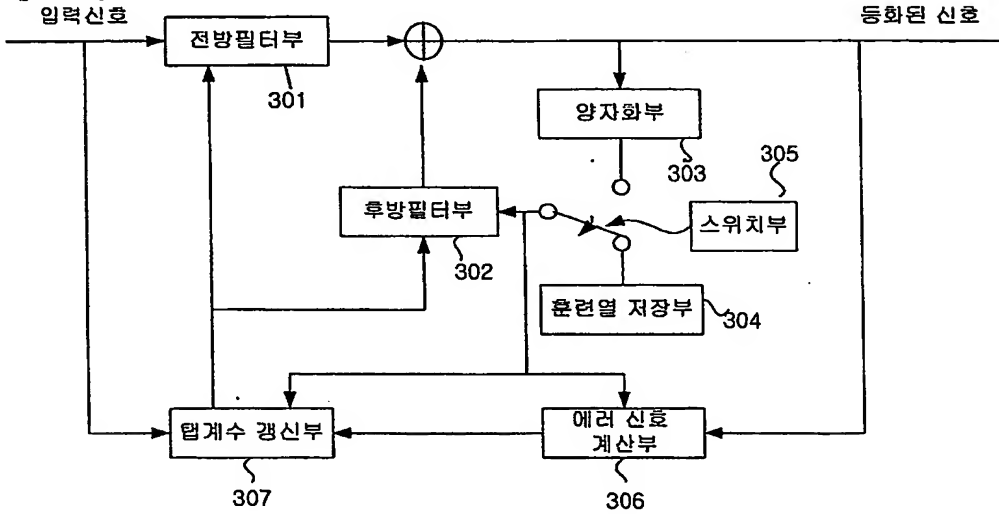
상기 에러 신호 계산부에서 계산된 에러신호 및 상기 후방 필터부의 입력신호를 이용하여 상기 전방 필터 및 후방 필터의 탭 계수를 갱신하는 탭 계수 갱신부를 포함하는 VSB 신호 수신 시스템.

【도면】

【도 1】

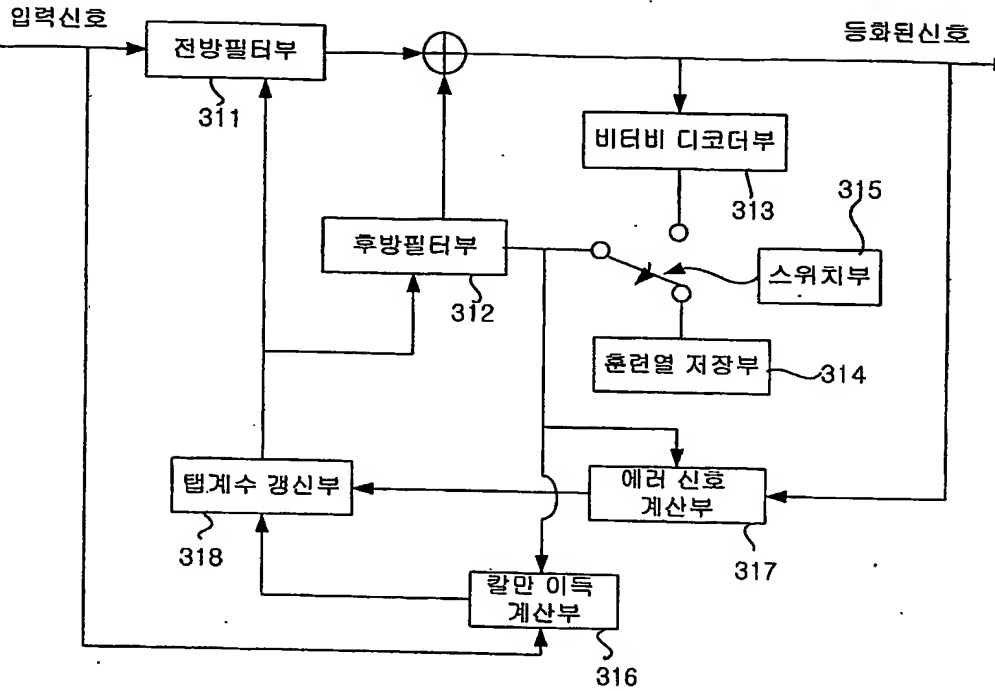


【도 2】





【도 3】



【도 4】

입력 Data 와 출력값, 입력값이 다음과 같을때

input data $Y_1$	1	1	0	1	1	0	1	0	1
input data $Y_2$	1	1	0	0	1	1	0	0	0
transmit data	110	111	001	011	110	100	010	001	010
transmit value	5	7	-5	-1	5	1	-3	-5	-3
received value	5	6.5	-5	-1.5	5	1	-3	-5	-3

실제 보낸 값이 가져야 할 Trellis diagram은(굵은 선의 경로)

